

RELEVAMIENTO DEL USO DEL "CIELO DE BARRO Y PAJA ALIVIANADO" COMO PRÁCTICA CULTURAL EN LA TECHUMBRE VERNACULAR DE LA VIVIENDA AYMARA DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE¹

REVIEW OF "LIGHTENED SLIPSTRAW CEILINGS" AS A CULTURAL PRACTICE IN THE VERNACULAR ROOFING OF AYMARA HOUSES IN ARICA AND PARINACOTA, CHILE

PESQUISA SOBRE O USO DO "TETO DE BARRO E PALHA ALIVIADO" COMO PRÁTICA CULTURAL NO TELHADO VERNACULAR DAS RESIDÊNCIAS AIMARÁS EM ARICA E PARINACOTA, CHILE

Sergio Alfaro-Malatesta

Doctor en proyectos de innovación tecnológica en la ingeniería del proceso y producto
Profesor Asociado, Académico Planta permanente Escuela de Arquitectura
Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile
<https://orcid.org/0000-0001-6730-9713>
salfaro@ucn.cl

Massimo Palme

Doctor en Arquitectura, Energía y Medioambiente
Profesor Asociado, Académico Departamento de Arquitectura
Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile
<https://orcid.org/0000-0003-1166-2926>
massimo.palme@usm.cl

Jocelyn Cohen-Herrera

Psicóloga y Licenciada en Psicología
Investigadora independiente, Antofagasta, Chile
<https://orcid.org/0000-0001-5583-3462>
jocelyncohenherrera@gmail.com

RESUMEN

Este artículo trata acerca de la caracterización de la tecnología de un cielo raso de paja y barro denominada en lengua aymara como "caruna". El estudio se realizó en viviendas Aymaras a más de 4.000 metros sobre el nivel del mar en la localidad de Tacora, en la región de Arica y Parinacota, Chile. El estudio forma parte del proyecto 49204 financiado por el Servicio Nacional del Patrimonio Cultural. Su objetivo es rescatar esta técnica vernácula como alternativa a los materiales industrializados que han modificado la vivienda andina y la calidad de vida en climas extremos durante los últimos 25 años. Se recogieron muestras de los materiales utilizados en esta técnica, reproducida por un cultor local, y se analizaron en laboratorio para determinar sus propiedades térmicas y de trabajabilidad. Además, se monitoreó el desempeño energético de tres viviendas en el poblado de Tacora para comparar los resultados obtenidos con los de los laboratorios. Los hallazgos revelaron que la matriz de barro utilizada en esta técnica de encielado es predominantemente arcillosa con mediana compresibilidad y baja conductividad térmica, lo que la hace adecuada como aislante en climas desérticos fríos. El cielo de barro y paja alivianado se destacó por su presencia en la cultura local, la disponibilidad de recursos materiales y su facilidad de instalación. Este estudio subraya la importancia de preservar el conocimiento tradicional, respetando los saberes ancestrales y mejorando el desempeño térmico de las viviendas en la cordillera norte de Chile, Perú y Bolivia, destacando su relevancia para el desarrollo de soluciones habitacionales sostenibles y culturalmente pertinentes.

Palabras clave

construcción en tierra, arquitectura vernácula, fibras naturales, aislación térmica, Ichu.

ABSTRACT

This article reviews the slipstraw ceiling technology known in the Aymara language as "caruna." The study was made in Aymara homes at more than 4,000 meters above sea level in the town of Tacora, in the region of Arica and Parinacota, Chile, as part of project 49204, financed by the National Cultural Heritage Service. It aims to recover this vernacular technique as an alternative to industrialized materials that have modified Andean housing and the quality of life in extreme climates over the last 25 years. Samples of materials used in this technique, reproduced by a local craftsman, were collected and analyzed in the laboratory to determine their thermal properties and workability. The energy performance of three homes in Tacora was also monitored to compare the results obtained with those of the laboratories. The findings revealed that the mud mold used in this ceiling technique is predominantly made from clay with medium compressibility and low thermal conductivity, which makes it apt for insulation in cold desert climates. Lightened clay and straw ceilings stand out in the local culture thanks to the availability of material resources and ease of installation. This study highlights the importance of preserving traditional knowledge, respecting ancestral knowledge, and improving the thermal performance of homes in the northern mountain range of Chile, Peru, and Bolivia, highlighting its relevance for developing sustainable and culturally relevant housing solutions.

Keywords

earth construction, vernacular architecture, natural fibers, thermal insulation, Ichu.

RESUMO

Este artigo trata da caracterização da tecnologia de um teto feito de palha e barro, conhecido na língua aimará como "caruna". O estudo foi realizado em habitações aimarás a mais de 4.000 metros acima do nível do mar na cidade de Tacora, na região de Arica e Parinacota, Chile. O estudo faz parte do projeto 49204, financiado pelo Serviço Nacional de Patrimônio Cultural. Seu objetivo é resgatar essa técnica vernacular como uma alternativa aos materiais industrializados que modificaram as moradias andinas e a qualidade de vida em climas extremos nos últimos 25 anos. Amostras dos materiais usados nessa técnica, que foi reproduzida por um cultor local, foram coletadas e analisadas em laboratório para determinar suas propriedades térmicas e de trabalhabilidade. Além disso, o desempenho energético de três casas no vilarejo de Tacora foi monitorado para comparar os resultados obtidos com os dos laboratórios. As descobertas revelaram que a matriz de barro usada nessa técnica é predominantemente argilosa, com compressibilidade média e baixa condutividade térmica, o que faz com que seja adequada como isolante em climas desérticos frios. O telhado de palha e barro destacou-se por sua presença na cultura local, pela disponibilidade de recursos materiais e pela facilidade de instalação. Este estudo ressalta a importância de preservar o conhecimento tradicional, respeitar o conhecimento ancestral e melhorar o desempenho térmico das habitações na cordilheira norte do Chile, Peru e Bolívia, destacando sua relevância para o desenvolvimento de soluções habitacionais sustentáveis e culturalmente relevantes.

Palavras-chave:

construção em terra, arquitetura vernacular, fibras naturais, isolamento térmico, Ichu.

INTRODUCCIÓN

La revisión de los censos de Población y Vivienda de la Región de Arica y Parinacota en los últimos 25 años demuestra la existencia de un cambio sustancial en la composición de los materiales usados en las techumbres de las viviendas vernáculas aymaras (Figura 1), lo cual, a su vez, pudo haber llevado a cabo un proceso de cambio en eficiencia y efectividad de estas ante el clima extremo donde se ubican.

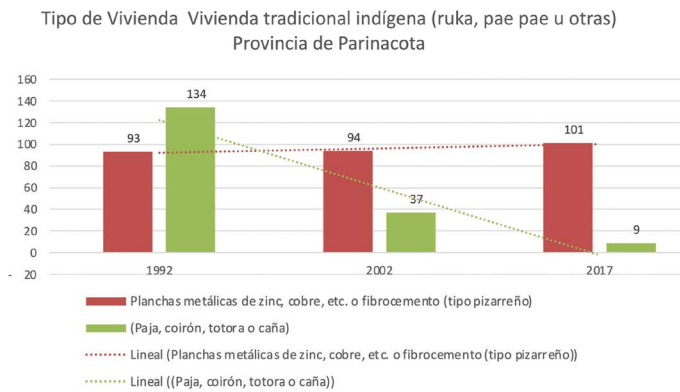
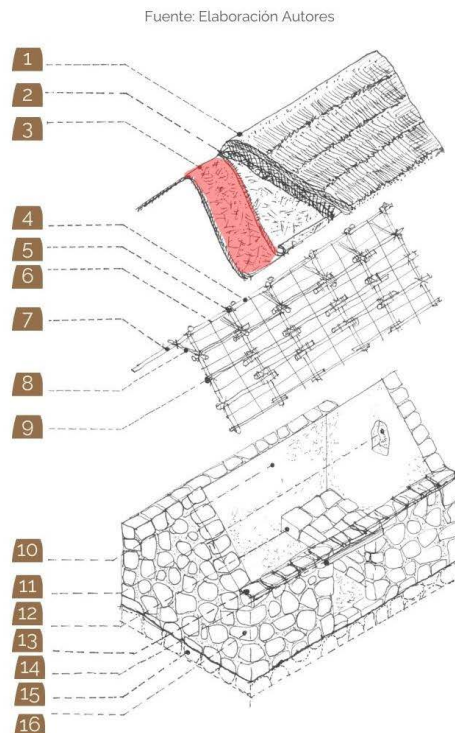


Figura 1. Análisis de la sustitución material entre techo vegetal a planchas de zinc o fibrocemento, vivienda "tradicional indígena" provincia de Parinacota períodos intercensales 1992-2002-2017. Fuente: Elaboración de los autores

Diversas investigaciones en el ámbito de antropología cultural realizadas entre los años 1968 y 1969 en Enquelga (Chile) evidenciaron el uso del barro y paja en los cielos de las viviendas aymaras. En este registro etnográfico se identificaron 90 viviendas en las que se describía el uso de la técnica local denominada "[...]Caruna" o "Karuna" (Šolc, 2011; Weber et al., 1998), o también "takta" (Figura 2 y Figura 3), que era el modo tradicional empleado para encielar las techumbres en los pueblos del altiplano andino en el norte de Chile (Šolc, 2011).



Figura 2. Cielo interior de una vivienda tradicional en Guallatire, "caruna" o "takta", el material en estudio en color blanco, fotografía año 2022. Fuente: Elaboración de los autores



Partes y Elementos vivienda andina tradicional sobre los 4.000 m.s.n.m, caso de Guallatire, Arica y Parinacota, Chile.

1. Cubierta exterior: Paja brava, "gualla", embarrada, e= 10 a 15 cm. se construye el alero protector perimetral, "morro y "pescado".
2. Capa intermedia paja brava suelta de espesor regular de 20 cm.
3. Cielo interior: (Caruna, Karuna, takta, p'ira, t'ili): Barro y Paja "Sikulla" e = 1 a 2 cm.
4. Viga cumbreira: madera de "Queñoa" sin elaborar" diám. app. 7 cm.
5. Amarra en forma de "x" llamada "correhuela" de cuero de llamo mojado,
6. Sub estructura: correas de cuero de llamo e = 1 cm
7. Pierna tijeral: madera de "Queñoa" sin elaborar" diámetro app. 7 cm.
8. Nudillo o tranquilla: madera de "Queñoa" sin elaborar" diámetro app. 5 cm.
9. Costanera o "quiras": madera de "Queñoa" sin elaborar" diámetro app. 7 cm.
10. Revoque de muros: arcilla arena, eventualmente incorpora cal.
11. Hornacina en muro testero, también llamados "phutu", origen preincaico.
12. Lajaeado a sobre nivel: permite la disposición de una cama.
13. Alerones de lajas con rocas volcánicas, ignimbrita o similar.
14. Dintel de madera aserrada.
15. Cimiento corrido piedra de grandes dimensiones sobresalen del suelo 0,15 a 0,20 cm. rocas de gran densidad, del tipo igneas.
16. Bloques esquineros rocas ciclópeas canteadas, el muro en general se construye a dos caras con rocas partidas con su cara lisa o canteada hacia el exterior, el ancho del muro alcanza un ancho de 35 a 40 cm de ancho.

Figura 3. Vivienda tradicional en Guallatire, incorpora el uso de "Caruna o Takta". Fuente: Elaboración de los autores



Figura 4. Plano de Tacora, agosto 2022, vista general del poblado, plantas de muros y de cielo de viviendas consideradas para el estudio de clima interior. Fuente: Elaboración de los autores

Este sistema constructivo revela implicancias sociales, culturales y rituales en términos de establecer una estrategia adaptativa al medio físico-climático del habitar en la altura. La última vez que se hizo mención a este sistema constructivo fue en la década de los 70', gracias a las investigaciones realizadas por el Dr. Václav Šolc en la localidad de Enquelga.

El antecedente de los cielos de barro y paja ha sido mencionado recientemente en el contexto de estudios de etnobotánica. En este ámbito, cuando se considera que la arquitectura aymara es una respuesta adaptativa al medio ambiente extremo, muchos autores se han arriesgado a una caracterización de la vivienda andina como "[...] aquella que posee características comunes y patrones tipológicos repetitivos en toda la macrozona andina los que han sido ampliamente descritos por numerosos arquitectos, antropólogos e historiadores de la arquitectura" (Jorquera, 2014).

En el año 2018, a partir de la restauración del poblado de Tacora, se realizó una reintroducción de esta técnica, aunque esta vez incorporando materiales industrializados,

estandarizados y combinados con la técnica vernácula. Precisamente es este fenómeno el que constituye el caso de estudio que se trata en este artículo (Figura 4 y Figura 5).

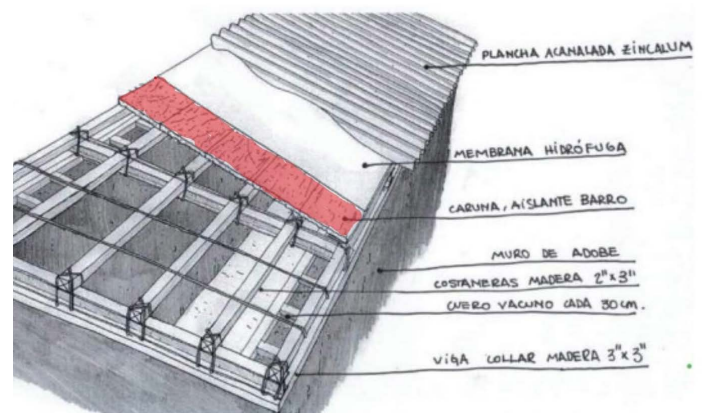


Figura 5. Isométrica constructiva vivienda restaurada en Tacora año 2018. Fuente: adaptación de los autores de Fundación Altiplano

POTENCIAL DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA “CARUNA”

La técnica constructiva aymara “Caruna o Takta” consiste en el uso de una plancha de barro y paja alivianada de 1 a 2 cm de espesor y dimensionada en franjas de 50 cm de ancho, las que se colocan sobre un entramado de caña traslapados levemente, con una superficie interior lisa. Su confección se realiza *in situ*, con paja fina y barro apisonado bajo una tela para comprimirlo (Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas, 2016).

La combinación de barro y paja denominada “tierra alivianada” se ha relacionado con sistemas mixtos de estructuras en madera portante. En algunos países de Europa, como por ejemplo, Alemania o Francia, son utilizados desde hace tiempo de forma moderna y conforme a las normativas, logrando un buen desempeño térmico y acústico (Meli et al., 2019). Sin embargo, aún se requiere evaluar su comportamiento sísmico.

En una visión más ecológica, la confección de la plancha de barro y paja para encielar se le relaciona con el ciclo de los pastos andinos. La construcción de las techumbres de las casas se realiza antes de la floración, ya que las especies de pastos andinos con las que se confecciona la plancha de barro y paja alivianada registran un mejor rendimiento y durabilidad cuando se cosechan en esta etapa. Las especies de pasto utilizadas para la paja incluyen la paja kise, la paja blanca y la paja brava, las cuales son comúnmente empleadas en los cielos y techumbres de las casas en el sector andino (García et al., 2018).

Por otra parte, diversas investigaciones sobre el efecto de las fibras artificiales y naturales en el comportamiento del suelo han reportado que dichas fibras son materiales estabilizadores de suelos eficientes y de bajo costo. También se ha comprobado que la resistencia a la tracción y el alargamiento de las fibras son mayores cuando están húmedas (Charca et al., 2015).

PROPIEDADES TÉRMICAS Y MECÁNICAS

La “Caruna”, en tanto sistema constructivo mixto, presenta propiedades térmicas y mecánicas interesantes para la construcción actual. Algunas investigaciones como las realizadas por Weiser et al. (2020), Volhard (2016) y Vincelas et al. (2019), han establecido que las propiedades térmicas de sistemas constructivos mixtos de barro y paja alivianada tienen un gran potencial como aislante, recubrimiento o masa de relleno en tabiquerías de muros o techumbre. En cuanto a su desempeño térmico, este depende en gran medida de la densidad de la matriz de barro y paja. No obstante, se ha planteado la posibilidad de que, frente a densidades superiores a 1200 kg/m³, puedan obtenerse rendimientos térmicos cercanos a los valores de 0,150 W/mK (Meli et al., 2019).

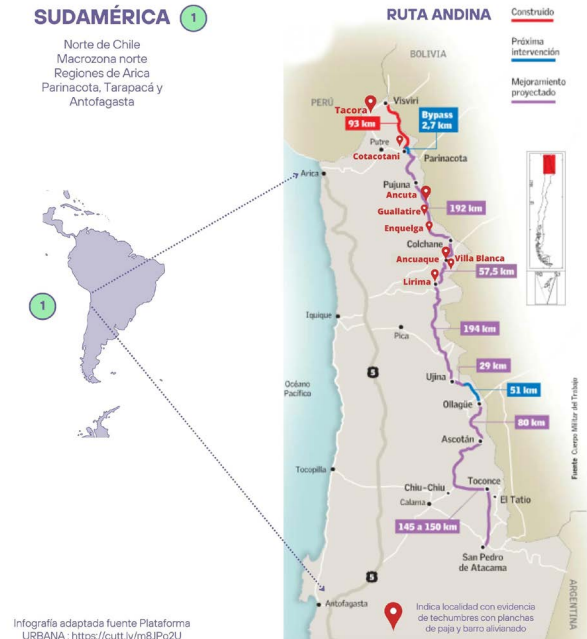


Figura 6. Área de ubicación casos de estudio, se observan los casos identificados desde Tacora hasta Guallatire a través de las rutas A-23, Ruta 11, A-211 y A-235 de la Provincia de Parinacota. Fuente: adaptación de los autores de infografía plataforma urbana.

Por último, en lo que respecta a las propiedades de resistencia mecánica, se ha demostrado que tanto la selección como la disposición de las fibras de paja mejora la resistencia mecánica del material dentro de la matriz de barro (Noaman et al., 2020).

MARCO DE INVESTIGACIÓN Y CASO DE ESTUDIO

El presente artículo se enmarca en las acciones desarrolladas en el proyecto de investigación denominado “Caruna: rescate tecnológico de los saberes vernáculos sostenibles para el aislamiento térmico en la arquitectura andina de Arica y Parinacota”, desarrollado gracias a la obtención del Fondo del Patrimonio Cultural 2021, en la submodalidad de investigación, registro y levantamiento de patrimonio cultural.

El objetivo general del proyecto de investigación consistió en ampliar el conocimiento para la salvaguardia de la “Caruna” como saber ancestral y expresión material de práctica constructiva del mundo andino, que en la actualidad no cuenta con identificación oficial y se encuentra en peligro de desaparecer del repertorio constructivo de las comunidades y de la arquitectura vernácula de la región de Arica y Parinacota.

El área estudio se localiza en la zona alto Andina de la Región de Arica y Parinacota, a más de 4000 m.s.n.m, considerando específicamente los poblados de Tacora, Guallatire, Ancuta, Chua y Misitune, que forman parte de la comuna General Lagos y Putre y se encuentran

inmediatamente al oeste de la Cordillera de Los Andes (Figura 6). En esta zona, el clima es del típico desierto marginal de altura, clasificado como BWk en la taxonomía de Köppen-Geiger (Peel et al., 2007), donde la temperatura puede alcanzar mínimos de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximos de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, con niveles muy elevados de radiación solar (más de 1000 W/m^2 al medio día durante casi todo el año) y precipitaciones concentradas en el período de enero y febrero (Figura 7 y Figura 8).

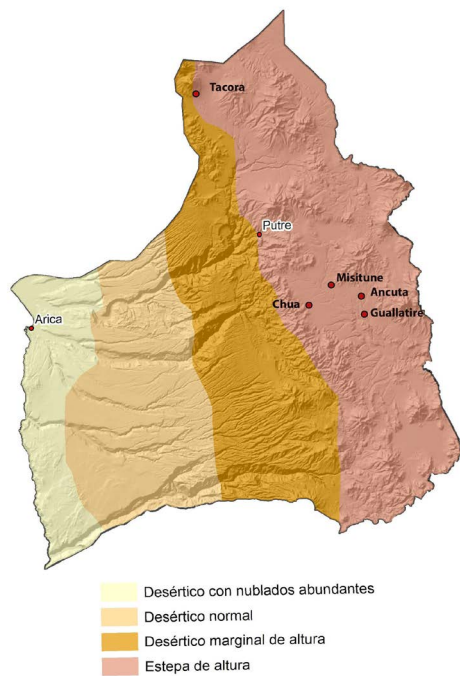


Figura 7. Caracterización climática Alto Andina, Región de Arica y Parinacota. Fuente: Mapa base <http://www.gep.uchile.cl>

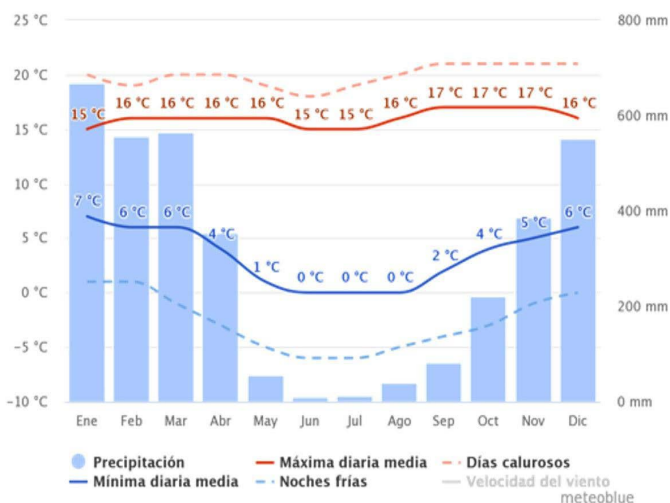


Figura 8. Temperaturas medias y precipitaciones. Datos climáticos y meteorológicos históricos de Tacora. Fuente: Meteoblue

El caso de estudio de este trabajo se ubica en el pueblo de Tacora, que recibe su nombre del volcán sobre cuyas faldas se asienta y que es el límite con Perú. Este sector se caracteriza por un extraordinario paisaje natural y cultural marcado por las condiciones de un desierto a gran altura. Su origen se remonta a las formaciones coloniales incas que tuvieron lugar durante el siglo XVI en respuesta al avance de la corona española dentro del territorio, dando lugar a las estancias de Ancomarca, Cosapilla y Tacora. Recibió influencia de la ruta de la plata y, más recientemente, en el siglo XIX tuvo su apogeo económico vinculado a la extracción de azufre y la conexión con el ferrocarril de Arica a la Paz. A partir de 1967, la extracción del mineral cesó completamente y comenzó una migración hacia el centro urbano más próximo de Arica, que continúa hasta el día de hoy. El pueblo de Tacora tiene una población permanente de 4 personas y otras tantas que se desplazan desde la ciudad al poblado para la celebración de las fiestas patronales de la Virgen del Carmen (Pereira & Yuste, 2019).

METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la realización de este estudio puede dividirse en cuatro etapas. La primera tiene relación con realizar un estudio bibliográfico y un levantamiento de información para confirmar la presencia de diferentes materialidades de cubierta en viviendas de la zona de interés. Luego, en la segunda etapa, se realizaron encuestas para establecer el grado de conocimiento transferido entre generaciones de pobladores de la provincia de Parinacota respecto de las técnicas constructivas asociadas a cubiertas vernáculas. En la tercera etapa se obtuvieron probetas de material identificado como "Caruna" y se realizaron ensayos de caracterización microscópica y de comportamiento térmico de las mismas. Finalmente, en la cuarta etapa se realizaron estudios de monitorización del comportamiento térmico de dos viviendas, con materialidades de aislamiento diferentes.

ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Primera Etapa: Confirmación De Materialidades De Cubierta

En relación con la primera etapa, esta consistió en hacer un estudio longitudinal de 25 años sobre la sustitución de las materialidades de las techumbres en áreas rurales de la provincia de Parinacota. Para ello, se analizaron los datos obtenidos a partir de los Censos de Población y Vivienda de 1992, 2002 y 2017, centrándose en dos categorías de información: a) Tipologías de identificación de viviendas que utiliza el INE; y b) tipologías materiales que componen las distintas partes de la vivienda.

El análisis consistió en revisar cada uno de los períodos intercensales y posteriormente realizar cruces de información a partir de la focalización en tipos específicos

de materiales como la "paja", el "coirón", la "totora", y la "caña".

Segunda Etapa: Transferencia De Conocimiento Entre Generaciones

Para esclarecer la efectividad de la transmisión del conocimiento entre generaciones, correspondiente a la segunda etapa, se abordó como primera tarea el tomar contacto con la población local juvenil escolarizada a fin de determinar qué nivel de conocimiento tenían respecto de la forma tradicional de elaboración del "cielo de barro y paja alivianado". Para efectos de este trabajo, la muestra seleccionada (de tipo intencional) correspondió a 32 estudiantes de 16-17 años de edad del Liceo Técnico Agrícola Granaderos de Putre.

Lo anterior debido a que las fuertes políticas estatales, desarrolladas en las últimas dos décadas, para fomentar el reconocimiento de los pueblos originarios, han dado como resultado una tendencia en los jóvenes a afirmar identidades étnicas, lo cual conlleva a valorar el pasado, recuperar ritualidades y resignificar estos ritos en los espacios urbanos (Gavilán & Vigueras, 2020; Yáñez & Capella, 2021).

La metodología del encuentro contempló, en primer lugar, una exposición teórica de las características del material, su relevancia y la descripción de la investigación (Figura 9). En segundo lugar, para la determinación del saber constructivo en jóvenes andinos se utilizó una encuesta que consideró 10 preguntas divididas en dos dimensiones (tabla 1). La primera dimensión estuvo orientada a identificar el conocimiento previo acerca de la técnica constructiva, la cual adopta distintos nombres según el poblado donde se encuentre. Estas denominaciones se obtuvieron a partir de una revisión bibliográfica previa. La segunda dimensión estuvo dirigida a dilucidar la motivación e interés de perpetuar la tradición constructiva. En este caso, las aseveraciones tuvieron una opción de respuesta binaria (sí-no).



Figura 9: Hito de Lanzamiento del proyecto en la localidad de Putre, agosto de 2022, aplicación de instrumento de medición acerca del saber constructivo. Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 1: Dimensiones de la encuesta que indaga acerca del conocimiento previo y la proyección de perpetuación del saber por parte de los jóvenes de la localidad de Putre. Fuente: Elaboración de los autores

Dimensión 1: Identificación del Conocimiento Previo.	Dimensión 2: Motivación e Interés para Perpetuar la Tradición Constructiva.
1. He escuchado anteriormente el término "caruna".	6. En mi familia se habla de este tipo de techumbre.
2. He escuchado anteriormente el término "tacta".	7. Conozco otros métodos de construcción típicos para hacer techumbres.
3. He escuchado anteriormente el término "p'ira".	8. Encuentro valor en los saberes constructivos típicos de la cultura local.
4. He escuchado anteriormente el término "t'ili".	9. Me interesaría aprender de estos métodos de construcción.
5. Sé que cualquiera de estos términos ("caruna", "tacta", "p'ira", "t'ili") forman parte de algunas costumbres tradicionales.	10. Me interesaría saber más acerca de la arquitectura andina.

Tercera Etapa: Determinación De Propiedades Térmicas De La "Caruna"

Para la obtención de muestras de "Caruna", se contactó a un cultor y albañil del poblado de Visviri (Figura 10), quien rescató este saber a partir de su experiencia personal y permitió incorporar esta técnica en la restauración del poblado de Tacora en 2018. Se obtuvo de él un relato de primera fuente acerca de su perspectiva y valoración de este saber constructivo y además confeccionó dos probetas de "caruna". Estas probetas fueron testeadas posteriormente en el laboratorio CITEC bajo la norma NCH 850 Of 2008.

De acuerdo con el informe del laboratorio, las muestras analizadas se definieron como un material natural fabricado en base a suelo-paja, denominado por el cliente como "Caruna", de dimensiones 30cm x 30cm x 0,5 cm y densidad seca aparente de 1252 kg/m³. Por su parte, para obtener valores de transmitancia y resistividad de la solución constructiva, se utilizó el método del anillo de guarda de acuerdo al procedimiento que se describe en la misma norma.

El ensayo normalizado consta de una placa metálica central (placa caliente) provista de calefacción eléctrica. Esta placa se encuentra rodeada en forma de marco (anillo de guarda), que puede ser calentada independientemente. A ambos lados de las placas se disponen las probetas (2), de igual dimensión y de



Figura 10: Cultor Aymara elaborando las probetas para ser enviadas al laboratorio. Fuente: Elaboración de los autores

CASO DE ESTUDIO (TAC-04)		ALTURA 4.088 M.S.N.M.
<p>CASO TAC-04 VIVIENDA POBLADO DE TACORA PROPIETARIA SRA. TEODORA FLORES</p> <p>UBICACIÓN: POBLADO DE TACORA PROVINCIA DE PARINACOTA COMUNA DE GENERAL LAGOS</p> <p>OBSERVACIÓN SE IDENTIFICA TOTORA EN EL CIELO DE LA VIVIENDA PRODUCTO DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN EFECTUADO POR FUNDACIÓN ALTIPLANO EN 2018, ESTA SOLUCIÓN DE CUBIERTA PRESENTA UNA SOBRE ESTRUCTURA DE MADERA Y LANA MINERAL DE 2 CM CON CUBIERTA DE ZINC ACANALADO Y TERMINADO CON PINTURA DE TECHO</p> <p>CLASIFICACIÓN DEL CASO MIXTO (VERNACULAR CON MATERIALES NATURALES)</p>		<p>EMPLAZAMIENTO CASO</p>
<p>EXTERIOR VIVIENDA</p>	<p>INTERIOR RECINTO VIVIENDA</p>	

Figura 12. Viviendas restauradas con cielo de totora, Tacora, 2022. Fuente: Elaboración de los autores

CASO DE ESTUDIO (TAC-02)		ALTURA 4.088 M.S.N.M.
<p>CASO TAC-02 VIVIENDA POBLADO DE TACORA PROPIETARIO SR. PABLO CHURA</p> <p>UBICACIÓN: POBLADO DE TACORA PROVINCIA DE PARINACOTA COMUNA DE GENERAL LAGOS</p> <p>OBSERVACIÓN SE IDENTIFICA CARUNA EN EL CIELO DE LA VIVIENDA PRODUCTO DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN EFECTUADO POR FUNDACIÓN ALTIPLANO EN 2018, ESTA SOLUCIÓN DE CUBIERTA PRESENTA UNA SOBRE ESTRUCTURA DE MADERA Y FIELTRO CON CUBIERTA DE ZINC ACANALADO Y TERMINADO CON PINTURA DE TECHO</p> <p>CLASIFICACIÓN DEL CASO MIXTO (VERNACULAR CON MATERIALES NATURALES)</p>		<p>EMPLAZAMIENTO CASO</p>
<p>EXTERIOR VIVIENDA</p>	<p>INTERIOR RECINTO VIVIENDA</p>	

Figura 11. Viviendas restauradas con cielo de barro y paja, Tacora, 2022. Fuente: Elaboración de los autores

caras planas paralelas. Ajustadas a las probetas, se ubican las respectivas placas metálicas refrigeradas con agua (placas frías), cuya forma es semejante a la de un sándwich.

Cuarta Etapa: Monitorización Del Comportamiento Higrotérmico

Como se mencionó anteriormente, este estudio se realizó en el poblado de Tacora, dado que allí, por una parte, se contaba con una intervención contemporánea y reciente del uso de la caruna, a propósito de la restauración del poblado que se hizo en 2018. Por otra parte, en este poblado se podía contar con un material

de contraste que también se usa en el encielado por ser considerado un buen aislante térmico, como es la "Totora" (Aza-Medina et al., 2023; Hidalgo-Cordero et al., 2023).

Para hacer este contraste, se seleccionaron inicialmente cuatro viviendas: dos con cielo de "barro y paja" y dos con cielo de "totora". Luego, se hizo una nueva selección eligiendo una de cada una para ser monitorizadas (Figura 11 y Figura 12). Dicho proceso se orientó, en primer lugar, a obtener parámetros y datos de confort ambiental a través de variables de temperatura y humedad del clima interior - exterior de las viviendas que usan totora, para posteriormente compararlo con simulaciones de confort ambiental de las viviendas a partir de la obtención de datos normalizados de transmitancia térmica del material de "barro y paja".

LEVANTAMIENTO DE DATOS

En cuanto al proceso de levantamiento de datos climáticos, estos se obtuvieron mediante una campaña en terreno planificada para medir con precisión el comportamiento ambiental interior y exterior de las viviendas. A partir de esta campaña, se identificaron los puntos de interés y las herramientas y equipos necesarios para recopilar la información tanto en el interior como en el exterior de las viviendas.

En el interior de las cuatro viviendas seleccionadas se instalaron equipos de medición de temperatura y humedad (Datalogger), los cuales se posicionaron a nivel de cubierta. Los equipos instalados corresponden a pequeños termógrafos de registro que permiten

almacenar gran cantidad de datos durante extensos periodos. Para efectos de esta investigación, los equipos se configuraron para obtener información cada 15 minutos durante un periodo de 5 meses (julio- noviembre). Asimismo, se utilizó una estación de medición del confort (Testo 400) compuesta por:

- un termómetro de globo para la medición de la temperatura media radiante
- un anemómetro de hilo caliente para la medición de la velocidad del aire
- un termómetro para la medición de la temperatura ambiente
- un higrómetro para la medición de la humedad relativa
- un registrador procesador para el cálculo del voto medio previsto

El proceso para determinar la ubicación de los equipos consistió, en una primera instancia, en realizar la medición del recinto en donde se ubicaría el equipo con un medidor láser. Esta medición incluyó el área de la habitación, las ventanas y puertas y la altura de la vivienda. A partir de la información obtenida, se determinó la posición en donde se ubicaría el Datalogger. Se procuró que el equipo quedara lo más centrado en la habitación y alejado de cualquier fuente de calor y humedad que pudiera alterar los datos generales. Para su instalación, se sujetó con cuerdas a las vigas de la techumbre y se inspeccionó el inicio de la lectura de datos. Finalmente, se tomó registro del código del equipo y el lugar donde se posicionó en la habitación. Por su parte, para la instalación del equipo TESTO 400, se determinó considerar cinco puntos establecidos de medición y dos alturas de registro en cada uno de los puntos, debido a que el ambiente interior no era homogéneo.

En el exterior de las viviendas se instaló una estación meteorológica digital compuesta por una estación base y sensores para obtener los valores de medición. Estos sensores se ubicaron en un punto de medición sobre un mástil a cuatro metros de altura. La información obtenida por los sensores se envió a la estación base mediante una consola de visualización, la cual se ubicó en el interior de la vivienda y desde allí se obtuvo una lectura en tiempo real a través de la señal de wifi. Además, se estableció la conexión de la estación meteorológica con uno de los dispositivos móviles de un miembro del equipo para monitorear el correcto funcionamiento de la estación y previsualizar los datos que almacenan los sensores. Esto permitió realizar una primera aproximación de la fluctuación meteorológica registrada.

La Tabla 2 sintetiza las especificaciones técnicas de cada equipo utilizado en la medición de la temperatura, humedad y confort en el interior y exterior de las viviendas a monitorizar.

Tabla 2. Detalle de los Instrumentos utilizados en la fase de monitoreo de las viviendas. Fuente: Elaboración de los autores

Equipo	Especificaciones técnicas
Datalogger temperatura (t°) y Humedad (H%) Elitehc	Rango de medición de t°: +60°C ~-30°C (Sensor interno) -40°C ~+85°C (externo) Rango de H%: 10% - 99% Precisión: ± 0,5°C Resolución: 0.1°C Tamaño: 84mm x 44 mm x 120 mm
Instrumento multifunción testo 400 set confort	Sonda de CO2 digital -Sonda digital de grado de turbulencia -Sonda de globo 150 mm, TP tipo K, para medir calor radiante
Estación Meteorológica Comunicación Inalámbrica 111-METWIFI	Rango de t° interior: 0°C a 50°C Rango de t° exterior: -30°C a 65°C Rango de H%: 1%RH – 99% Velocidad viento Anemómetro: 0-50 m/s Pluviómetro: 0 - 9,999 mm Rango de luminosidad: 0-400,000Lux Presión: 300 – 1100 hPa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CATASTRO DE MATERIALES UTILIZADOS EN CUBIERTAS

El análisis de datos censales del período 1992-2017 sobre la materialidad de la vivienda focalizado en la provincia de Parinacota, demostró un descenso en la presencia de materiales vegetales como aislantes en las techumbres en las viviendas. Esta aseveración se refleja en la tabla 3, la cual muestra que, de un total de 180 viviendas censadas entre 1992 y 2017 y catalogadas como "vivienda indígena", en 1992 había 134 viviendas (74% del total de la muestra analizada) que usaban este tipo de material aislante, en 2002 se redujo este número a 37 viviendas (20,5%) y en 2017 tan solo 9 viviendas tenían aislantes vegetales en sus techumbres, representando un 5% del total.

El análisis también determinó la existencia de una relación inversamente proporcional entre el uso de materiales vegetales y la presencia de materialidad de techumbre recubierta con planchas metálicas o compuestas (zinc, cobre, fibrocemento). Este tipo de techumbre está inicial y mayoritariamente relacionada con el tipo de vivienda catalogada como "casa" y, en menor grado, con la "vivienda tradicional indígena". Sin embargo, en un lapso de 25 años (1992 – 2017), el total de viviendas con techo de planchas de zinc y fibrocemento alcanzó una cantidad de 929 viviendas, mostrando un progresivo aumento de la presencia de estos materiales en las zonas altiplánicas (Tabla 4).

Tabla 3. Material en la cubierta del techo: Paja, coirón, totora o caña, Provincia de Parinacota, (Rural) datos Censos de población y vivienda años 1992, 2002, 2017. Fuente: Elaboración de los autores

Presencia de cubierta vegetal en diferentes tipos de vivienda	1992	2002	2017
Otro Tipo de vivienda particular	0	0	0
Mediagua, mejora, rancho o cobertizo	1	0	0
Pieza en casa antigua o en conventillo	0	0	0
Vivienda Indígena (ruka, pae pae u otra)	134	37	9
Casa	23	0	0

Tabla 4. Material en la cubierta del techo: planchas de zinc, cobre etc. fibrocemento, Provincia de Parinacota, (Rural) datos Censos de población y vivienda años 1992, 2002, 2017. Fuente: Elaboración de los autores

Presencia de planchas de zinc, cobre etc. fibrocemento diferentes tipos de viviendas	1992	2002	2017
Otro Tipo de vivienda particular	2	3	3
Mediagua, mejora, rancho o cobertizo	2	32	11
Pieza en casa antigua o en conventillo	1	16	2
Vivienda Indígena (ruka, pae pae u otra)	93	94	101
Casa	314	378	237

Respecto de la materialidad de los muros exteriores, el 36,36% correspondió a viviendas de tapial, el 27,27% a piedra y barro y el 36,36% restante a viviendas correspondió a adobe. En comparación con los datos que aporta el INE respecto de la composición material de la techumbre, este muestreo indica que, aun cuando el material de cubierta mayoritario es la plancha de zinc, el cielo de las viviendas tradicionales presenta un alto porcentaje de materialidad de paja y barro en los cielos.

TRANSMISIÓN DEL CONOCIMIENTO ENTRE GENERACIONES

Analizando los datos obtenidos a través de las encuestas realizadas, en la primera dimensión podemos confirmar que los alumnos desconocen en su mayoría dicha técnica

constructiva. Por ejemplo, la pregunta sobre si conocen el término "t'ili" obtuvo un 24% de reconocimiento, transformándose esta técnica como la más conocida por los encuestados. Por su parte, la pregunta sobre la asociación de alguno de estos términos ("caruna", "tacta", "p'ira", "t'ili") con las techumbres, obtuvo un 67% de menciones (Figura 13).

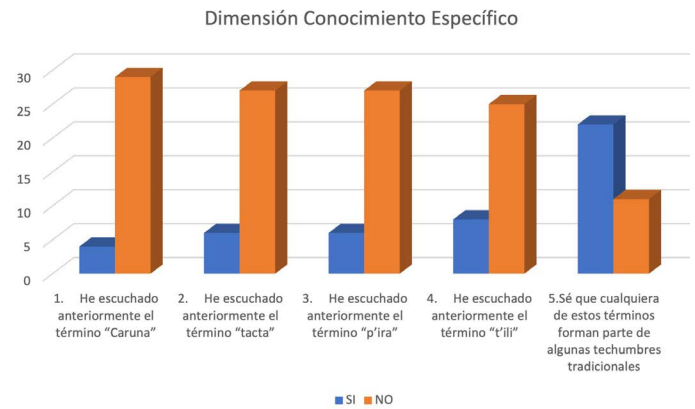


Figura 13. Asociación entre el nombre del sistema constructivo y las denominaciones locales de la técnica de "barro con paja alivianado" en población juvenil de Putre. Fuente: Elaboración de los autores

Respecto a la segunda dimensión, se puede identificar la existencia de un desconocimiento tanto de la caruna como de las otras técnicas generales de construcción típica, ya que, en ambos puntos, más de la mitad de la población encuestada refiere no tener conocimientos al respecto (67% y 55% respectivamente). Esta situación contrasta con el 97% que encuentra valor en estos saberes y el 85% que directamente manifiesta interés en aprender acerca de esta y otras técnicas de construcción tradicional andina (Figura 14).

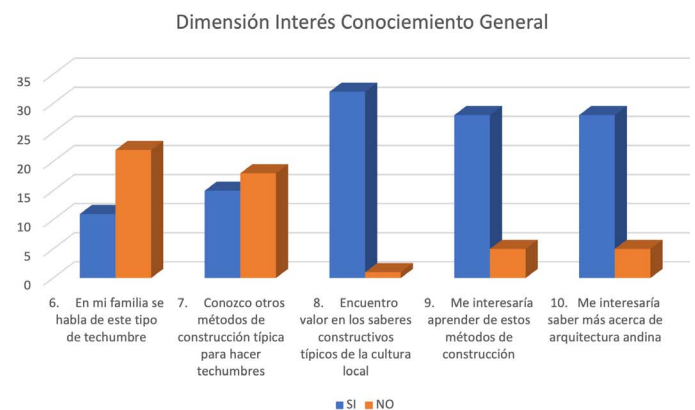


Figura 14. Número de respuestas de los estudiantes respecto de la valoración de los sistemas constructivos típicos de la cultura local. Fuente: Elaboración de los autores

RESULTADOS

ENSAYOS Y DEL TRABAJO DE MONITORIZACIÓN

Para la determinación del comportamiento térmico de un material compuesto, como es el presente caso, se necesita de un resultado de ensayo de laboratorio que permita su aplicación en los trámites de permisos de construcción, según indicado por la normativa vigente (MINVU, 2006).

Para el caso de la "caruna", la probeta testeada en laboratorio consistió en un material natural fabricado a base de suelo-paja, de dimensiones 30 cm x 30 cm x 0,5 cm y densidad seca aparente de 1252 kg/m³. El ensayo de laboratorio se efectuó de acuerdo con la norma NCh 851. En este, la probeta alcanzó un valor de conductividad térmica lineal de 0,1477 W/mK. Respecto de las consideraciones sobre la densidad aparente del material testeado (Tabla 5) y su caracterización como un material alivianado, el valor de referencia obtenido queda por sobre los 52 gr., tal como lo señalan Wieser et al. (2020).

Tabla 5. Resultados ensayo conductividad térmica lineal NCh 851 Probeta de (suelo-paja) "Caruna". Fuente: Elaboración de los autores

Resistencia térmica lineal (r)	0,0359	(m K/ W)
Conductividad térmica (λ)	0,1477	(W/ m K)
Densidad del material seco (δ)	1252	(Kg/m 3)
Humedad del material (H)	22,32	(%)

La Tabla 6 muestra los valores referenciales de conductividad térmica lineal. Dentro del rango de materiales de los que se posee información estandarizada y de acuerdo con los resultados obtenidos a través del testeo en laboratorio, se ubica el dato sobre el resultado del valor para la probeta de "caruna". Los datos de la tabla indican para los valores de transmitancia que, en la medida que la magnitud es mayor, el material tiene menor capacidad aislante. Un cerramiento con un buen material aislante (5-8 cm) alcanza valores de transmitancia del orden de 0,6-0,4 W/m² K.

Los cerramientos de techumbre comúnmente utilizados en las viviendas de los pueblos andinos corresponden a cubiertas livianas de zinc, de tarta de barro o de madera. En algunos casos, se observa el uso de losas de hormigón en viviendas de construcción reciente. La cubierta liviana que usa caruna logra un desempeño térmico mejor que las losas sin aislar y comparable con las cubiertas de barro o de madera. Respecto de las cubiertas de chapa metálica, la ventaja es todavía mayor, mejorando también el valor del retraso de la ola térmica, que es indicador de la inercia térmica de la cubierta. Este resultado se

Tabla 6. Valores referenciales de transmitancia y retraso térmico para techumbres. Fuente: Elaboración de los autores

Material	Espesor (cm)	Transmitancia (W/m ² K)	Time Lag
Caruna 5 mm + fieltro 1 mm + zinc 2 mm	0,8	5,75	30 min
Caruna 10 mm + fieltro 1 mm + zinc 2 mm	1,3	4,76	40 min
Caruna 20 mm + fieltro 1 mm + zinc 2 mm	2,3	3,63	1 h 30 min
Cement roof	15	4,48	2 h 50 min
Zinc roof	0,2	7,14	1 min
Earth roof	7	3,6	1 h 11 min
Wooden roof	5	2,56	1 h 30 min

encuentra alineado con los resultados obtenidos por otros estudios similares (Palme et al., 2012, Palme et al., 2014) que muestran que, al aumentar el espesor de la caruna, el desempeño térmico puede mejorar proporcionalmente, pudiendo alcanzar y superar los valores de resistencia térmica típicamente ofrecidos por techos de madera o con otros aislantes naturales como, por ejemplo, el corcho.

La Figura 15, por otra parte, muestra los resultados de monitorización para un día típico del mes de julio, con oscilaciones de temperatura interior entre 1 y 22 grados, tanto para el caso de cubierta de "caruna" como para el caso de cubierta de totora. Este resultado, si bien muestra cierto grado de enfriamiento nocturno por debajo de niveles considerados como aceptables para estar en confort, evidencia que el aislamiento térmico ofrecido por la caruna es similar al ofrecido por otros materiales tradicionalmente utilizados en cubiertas de viviendas de las zonas alto andinas.

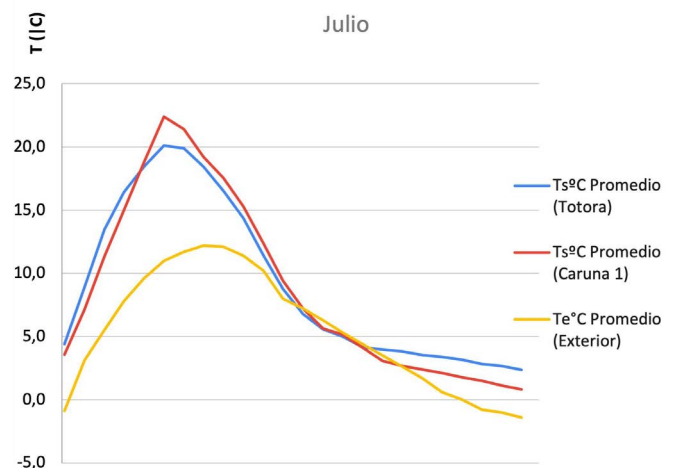


Figura 15. Gráfico de monitorización de desempeño, día típico del mes de Julio. Fuente: Elaboración de los autores.

Respecto de la monitorización del confort, la Figura 16 y Figura 17 muestran los resultados obtenidos en las mediciones efectuadas en Julio 2022 con el equipo TESTO 400. En estas se utilizaron valores de 70 W/m² como actividad metabólica y 1 CLO como resistencia térmica de la ropa para la estimación del voto medio previsto (PMV - predict mean vote), que es la medición estándar del grado de confort en espacios interiores (Fanger, 1973). A pesar de cierto desfase de horario en la toma de datos, los resultados muestran un comportamiento térmico algo mejor para el caso de cubierta de "caruna", con temperaturas medias radiantes entre los 18 y los 20 grados centígrados, cosa que se concreta en una indicación del PMV de -0,8 (ambiente ligeramente fresco).

Caso 1: cielo de "totora" (fibra natural)

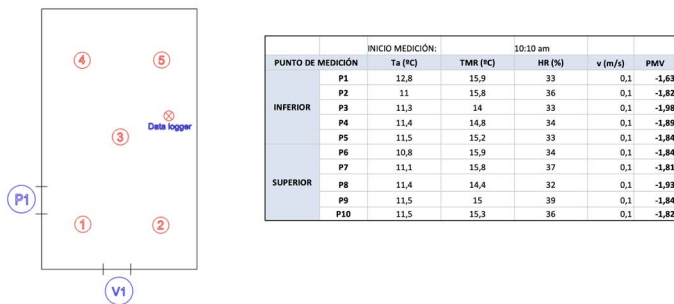


Figura 16. Planta de la vivienda con cielo de "totora" indica puntos de recogida de datos. Fuente: Elaboración de los autores.

Caso 2: cielo de "caruna", (Barro y paja alivianada)



Figura 17. Planta de la vivienda con cielo de "caruna" indica puntos de recogida de datos. Fuente: Elaboración de los autores.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido redescubrir un saber ancestral constructivo definido como "cielo de barro y paja aligerado", el que posee buenas características de aislación térmica en comparación con otros materiales que cumplen un rol similar. Los resultados obtenidos permiten retomar la discusión etnográfica que se desarrolló en la década de los 70 en el altiplano andino y vincularla con los procesos de revaloración y reapropiación de los modos tradicionales del habitar la altura. Sin duda, la salvaguardia y difusión de estos saberes permitirá

poner atención sobre el modo de preservar una tradición material, simbólica y doméstica que se ha presentado como una estrategia frente al clima extremo de la tundra de altura, en el contexto del desierto sobre la cota de 4.000 m.s.n.m.

Desde la perspectiva de la reapropiación tecnológica de los saberes ancestrales, en la pequeña muestra en relación con el conocimiento sobre estos de los jóvenes andinos, se pudo encontrar una representación clara del riesgo de la pérdida de estos otros saberes debido a la falta de transmisión de los mismos. No obstante, afortunadamente los jóvenes manifiestan su disposición e interés de acercarse a este tipo de aprendizajes, abriendo un espacio importante de conservación de la tradición constructiva. Con esto, se pueden identificar dos puntos clave que dan más fuerza y valor a la realización de este proyecto e incrementan el posible impacto positivo en la perpetuación y salvaguarda del uso y la práctica de la elaboración de la "caruna" o "placa de barro y paja alivianada".

La lectura longitudinal de los datos sobre la composición de los materiales de cubierta obtenidos de los Censos de Población y Vivienda de Chile, tomados en 1992, 2002 y 2017 para la Provincia de Parinacota, han permitido visibilizar el impacto de la sustitución tecnológica de los materiales de cubierta en la tipología definida por el INE como "vivienda tradicional indígena". Esto evidencia una drástica caída del uso de los materiales naturales en contraste con el aumento del uso de materiales industrializados como la plancha de zinc y otros en formatos de planchas de tamaño no superior a 1,10 m de largo. A pesar de estos resultados, igualmente se destaca la recurrencia a la plancha de paja y barro aligerado como una práctica habitual en la definición del espacio de la vivienda andina que se ubica en altitudes superiores a los 4.000 m.s.n.m.

En cuanto a las propiedades térmicas del material, el testeo realizado ha mostrado que el valor de resistencia al paso del calor del compuesto es más que aceptable para un aislante natural, lo cual se traduce en un desempeño en obra similar al de otras estructuras tradicionales. Las posibilidades que ofrece la caruna, en cuanto a sostenibilidad del proceso constructivo de viviendas en pueblos alto andinos, es muy elevada gracias a su condición de mezcla de barro y paja locales. Las modernas cubiertas tipo sándwich, aun cuando puedan incorporar materiales aislantes, tendrán necesariamente un costo ambiental más elevado debido a los impactos generados por la fabricación y el transporte en el lugar de instalación. Incluso uso de la totora requiere de desplazamientos de material de unos cuantos centenares de kilómetros para ser instalado en los pueblos de Tacora, Guallatire y circundantes.

Por último, se estima que los procesos de fabricación del cielo alivianado puedan ser gradualmente transformados

en procesos más consolidados, de modo que se pueda incorporar el conocimiento ancestral de las técnicas artesanales con las más contemporáneas. Sin embargo, lo anterior no significa que se llegue a un producto de elevada industrialización que haría que aumentara de forma considerable el impacto ambiental. Por el contrario, la gestión apropiada del conocimiento y su traspaso entre generaciones, así como la presencia eventual de algún pequeño emprendimiento local respetuoso del frágil ecosistema del desierto andino, podrían contribuir a la consolidación de la fabricación, distribución y uso de este importante material como aislante térmico natural construcciones ubicadas en las localidades estudiadas y, más en general, en toda la macro región del altiplano.

Contribución autores: Conceptualización, S.A. y J.C.; Curación de datos, S.A. y M.P.; Análisis formal, S.A. y J.C.; Adquisición de financiación, S.A.; Investigación, S.A., M.P. y J.C.; Metodología, S.A., J.C. y M.P.; Administración de proyecto, S.A.; Recursos, S.A. y J.C.; Software, M.P.; Supervisión, S.A.; Validación, M.P.; Visualización, S.A., J.C. y M.P.; Escritura – borrador original, S.A., J.C., M.P.; Escritura – revisión, S.A., J.C. y M.P.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aza-Medina, L. C., Palumbo, M., Lacasta, A. M., & González-Lezcano, R. A. (2023). Characterization of the thermal behavior, mechanical resistance, and reaction to fire of Totora (*Schoenoplectus Californicus* (C.A. Mey.) SoJAK) panels and their potential use as a sustainable construction material. *Journal of Building Engineering*, 69, 105984. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.105984>

Charca, S., Noel, J., Andia, D., Flores, J., Guzman, A., Renteros, C., & Tumialan, J. (2015). Assessment of Ichu fibers as non-expensive thermal insulation system for the Andean regions. *Energy and Buildings*, 108, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.053>

DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. (2016). *Guía de Diseño Arquitectónico AYMARA para edificios y Espacios públicos*. <https://repositoriodirplan.mop.gob.cl/biblioteca/server/api/core/bitstreams/cd7a8ae4-2abf-4b46-95f7-1edbf9e69f73/content>

Fanger, O. P. (1973). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Danish Technical Press.

García M., Castro, V., Belmonte, E., Muñoz, T., Santoro, C., & Echeverría, J. (2018): Etnobotánica y territorio en el pastal de Mulluri (Norte de Chile). Las enseñanzas del pastoreo Aymara. *Latin American and Caribbean Bulletin of Medicinal and Aromatic Plants*, 17(5), 522-540. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/135>

Gavilán, V. & Viguera, P. (2020). Embodied temporalities and memories in aymara rituals in northern Chile. *Cultura y religión*, 14(2), 100-127. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-47272020000200107>

Hidalgo-Cordero, J. F., & Aza-Medina, L. C. (2023). Analysis of the thermal performance of elements made with totora using different production processes. *Journal of Building Engineering*, 65, 105777. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105777>

Jorquera, N. (2014). Culturas sísmicas: estrategias vernaculares de sismorresistencia del patrimonio arquitectónico chileno. *Arquitectura del Sur* 32(46), 18-29. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/AS/article/view/739>

Meli G., Onnis S., & Wieser M. (2019). Introducción en el contexto peruano de un nuevo sistema constructivo con madera y tierra alivianada. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. FUNDASAL / PROTERRA. p. 604-613, <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/187747>

MINVU. (2006). *Manual de aplicación de reglamentación térmica (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones)*. <https://es.scribd.com/document/50958657/Manual-de-Aplicacion-de-la-Reglamentacion-Termica-Chile-Parte1>

Noaman, M. F., Khan, M. A., & Ali, K. (2022). Effect of artificial and natural fibers on behavior of soil. *Materials Today: Proceedings*, 64, 481-487 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.954>

Palme, M., Guerra, J., & Alfaro, S. (2012). Earth of the Andes Comparing techniques and materials used in houses in San Pedro de Atacama. *En PLEA 2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture*. https://www.researchgate.net/publication/250917170_Earth_of_the_Andes_Comparing_techniques_and_materials_used_in_houses_in_San_Pedro_de_Atacama

Palme, M., Guerra, J., & Alfaro, S. (2014). Thermal Performance of Traditional and New Concept Houses in the Ancient Village of San Pedro De Atacama and Surroundings. *Sustainability* 6(6), 3321-3337. <https://doi.org/10.3390/su6063321>

Peel, M. C., Finlayson, L., & McMahon, T. A. (2007). Updated World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

Pereira, H. (2003). Uso de la técnica mixta tierra aligerada (LeichtlehmBau) en Chile. En Proterra, Proyecto XIV 6, Habyted, Subprograma XIV, Tecnología para Viviendas de Interés Social, (Ed.), *Tecnologías de Construcción con Tierra* (pp. 51-64). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED. https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/06/3_PP-T%C3%A9cnicas-Mixtas_2003.pdf

Pereira, M. & Yuste, B. (2019). *El último Mallku. Paisaje cultural de Tacora*. Fundación Altiplano. https://issuu.com/fundacionaltiplano/docs/el_u_ltimo_mallku._paisaje_cultural_de_tacora

Šolc, V. (2011). Casa Aymara en Enquelga. *Chungara*, 43(1), 89-111. <https://doi.org/10.4067/s0717-73562011000100006>

Vinceslas, T., Colinart, T., Hamard, E., Menibus, A.H., Lecompte, T., & Lenormand, H. (2019). Light Earth Performances for Thermal Insulation: Application to Earth-Hemp. *Earthen Dwellings and Structures*, 357-367. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5883-8_31

Volhard, F. (2016). *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser. <https://doi.org/10.1515/9783035606454>

Weber, D.J., Zambrano, F.C., Villar, T.C., & Dávila, M.B. (1998). *Rimaycuna Quechua de Huánuco: Diccionario del Quechua del Huallaga con Índice Inglés (Serie Lingüística Peruana)*. Instituto Lingüística de Verano.(pp. 126)

Wieser, M., Onnis, S., & Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada : posibilidades de aplicación en el territorio peruano. *Revista de Arquitectura*, 22(1), 164–174. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2633>

Yáñez, C. A., & Capella, C. (2021). Construcción de identidad personal en niños y niñas aymara residentes en Chile. *Revista De Psicología*, 30(2). <https://doi.org/10.5354/0719-0581.2021.60644>